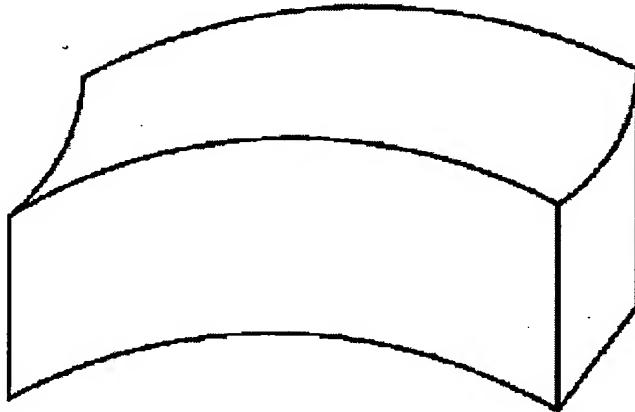


**MANUFACTURE OF MULTI-SURFACE REFLECTION MIRROR OR REFLECTION TYPE LIGHTING SYSTEM OR SEMICONDUCTOR EXPOSING DEVICE**

**Patent number:** JP2000162416  
**Publication date:** 2000-06-16  
**Inventor:** HANDA KOJU; SHIBATA NORIO; TAKINO HIDEO; SHINADA KUNINORI; YOSHITOMI YASUSHI  
**Applicant:** NIPPON KOGAKU KK  
**Classification:**  
- **international:** G03F7/20; G03F7/20; (IPC1-7): G02B5/10; G03F7/20; H01L21/027  
- **European:** G03F7/20T14  
**Application number:** JP19990267314 19990921  
**Priority number(s):** JP19990267314 19990921; JP19980268578 19980922

[Report a data error here](#)**Abstract of JP2000162416**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a manufacturing method capable of manufacturing a multi-light source reflection mirror having an exact reflective surface shape according to a design with a high yield, and to obtain a high-throughput semiconductor exposing device. **SOLUTION:** A multi-surface reflection mirror is manufactured by repeatedly disposing an element reflective surface having a surface shape of a part of a prescribed curved surface. In this manufacturing method for the reflection mirror, a block, (i.e., a base material to be formed with the element reflective surface) is prepared as a work to be machined, the prepared work is machined such that the work has the prescribed curved surface and a prescribed surface roughness or less, a part of the machined work having the curved surface shape is cut out to form an element reflection mirror, then, the plural element reflection mirrors are assembled under prescribed conditions to form a multi-surface reflection mirror.



---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-162416  
(P2000-162416A)

(43)公開日 平成12年6月16日 (2000.6.16)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 2 B 5/10  
G 0 3 F 7/20  
H 0 1 L 21/027

識別記号

5 2 1

F I  
G 0 2 B 5/10  
G 0 3 F 7/20  
H 0 1 L 21/30  
C  
5 2 1  
5 1 5 D  
5 1 7  
5 3 1 A

マーク (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平11-267314

(22)出願日 平成11年9月21日 (1999.9.21)

(31)優先権主張番号 特願平10-268578

(32)優先日 平成10年9月22日 (1998.9.22)

(33)優先権主張国 日本 (JP)

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 半田 幸樹

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 柴田 規夫

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

(72)発明者 潤野 日出雄

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

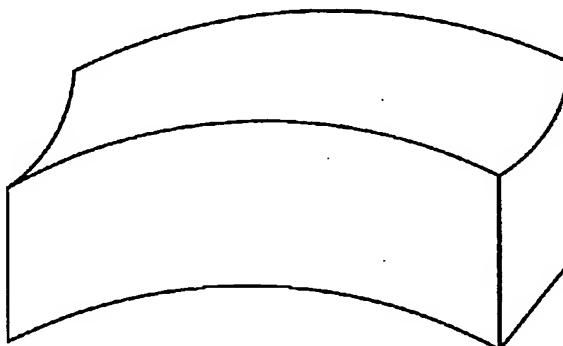
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多面反射鏡の製造方法又は反射型照明装置又は半導体露光装置

(57)【要約】

【課題】 本発明は、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【解決手段】 本発明は、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を繰り返し配置してなる多面反射鏡の製造方法であって、要素反射面が形成される基材となるブロックを被加工物として用意し、所定の曲面形状かつ所定の表面粗さ以下になるように前記被加工物を加工し、形成された前記曲面形状を有する被加工物からその一部を切り出して、要素反射鏡を形成し、複数の要素反射鏡を所定の条件に組み上げることで多面反射鏡を形成することを特徴とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を繰り返し配置してなる多面反射鏡の製造方法であつて、

前記要素反射面が形成される基材となるブロックを被加工物として用意し、前記所定の曲面形状かつ所定の表面粗さ以下になるように前記被加工物を加工し、形成された前記曲面形状を有する被加工物からその一部を切り出して、前記要素反射面が形成された要素反射鏡を形成し、

複数の前記要素反射鏡を所定の条件に組み上げることで多面反射鏡を形成することを特徴とする多面反射鏡の製造方法。

【請求項2】請求項1記載の多面反射鏡の製造方法であつて、前記形成された曲面の中心を中心とした同心円上の位置から、前記要素反射面を複数個切り出すことで複数の要素反射鏡を形成することを特徴とする多面反射鏡の製造方法。

【請求項3】請求項1又は2に記載の製造方法であつて、前記曲面形状を有する被加工物から要素反射面を有する要素反射鏡を切り出す部分の周りに、あらかじめ所定の深さの溝を付けてから、前記被加工物に対し研磨加工を行い、この後に前記溝の部分から前記要素反射鏡を切り出すことを特徴とする多面反射鏡の製造方法。

【請求項4】請求項3に記載の製造方法であつて、前記溝に、充填剤を詰め込み、被加工面に段差をなくしてから、前記研磨加工を施すことを特徴とする多面反射鏡の製造方法。

【請求項5】複数の反射鏡からなる反射型照明装置であつて、所定の曲面が形成された被加工物から前記所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面の輪郭と同形状に切り出すことにより、複数の要素反射鏡を形成し、複数の前記要素反射面を所定の条件で組み上げることで形成された反射型照明装置。

【請求項6】光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、該マスクを前記光源からの光でもって照明する照明装置、前記照明装置によって照明された前記マスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であつて、

所定の曲面が形成された被加工物から前記所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面の輪郭と同形状に切り出すことにより、複数の要素反射鏡を形成し、複数の前記要素反射鏡を所定の条件で組み上げることで形成された反射型照明装置を有したことを特徴とする半導体露光装置。

【請求項7】請求項6記載の半導体露光装置であつて、前記投影光学装置の光学視野が円弧状であり、かつ前記反射型照明装置の要素反射面の輪郭形状は前記光学視野

の形状と相似形状であることを特徴とする半導体露光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、反射鏡の製造方法及び半導体製造装置に関するものであり、特には、微小な基本反射面の繰り返し配列により構成される反射面を有する反射鏡の製造方法、反射型照明装置、更にはその照明装置を用いた露光装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】現在、DRAMやMCP等の半導体デバイスの製造においては、最小線幅をより狭くする開発研究が盛んに行われており、デザインルール  $0.13\mu\text{m}$  (4G・DRAM相当)、 $0.1\mu\text{m}$  (16G・DRAM相当)、更には $0.07\mu\text{m}$  (32G・DRAM相当)の実現に向けて種々の技術が開発されている。

【0003】この最小線幅の問題と切っても切れない関係を有するのが、露光時に生じる光の回折現象であり、これに起因する像や集光点のボケが必要な最小線幅を実現する時の最大の問題点である。この回折現象の影響を押さえるためには露光光学系の開口数 (N.A.:Numerical aperture)を大きくする必要があり、光学系の大口径化と波長の短波長化が開発のポイントになっている。

【0004】ところが、光の波長が短くなると、特に $200\text{nm}$ 以下になると、加工が容易で、光吸収の少ない光学材料が見当たらなくなってくる。そこで、透過光学系を捨てて、反射光学系による投影光学系の開発がなされており、相当な成果を上げている。その中に、複数の反射鏡の組み合わせによって、軟X線に対して円弧状の光学視野（露光領域として使用出来る領域）を実現し、マスクとウェハを投影縮小率比の相対速度で、互いに同期して移動させることによってチップ全体を露光しようとする方法がある（例えば、Koichiro Hoh and Hiroshi Tanino; "Feasibility Study on the Extreme UV/Soft X-ray Projection-type Lithography", Bulletin of the Electrotechnical Laboratory Vol. 49, No.12, P.9 83-990, 1985.を参照。なお、この文献を以後、参考文献1と記す）。

【0005】ところで、最小線幅と並んで上記の様な半導体デバイス製造にとって重要な要素にいわゆるスループットがある。このスループットに関与する要因としては、光源の発光強度、照明系の効率、反射系に使用する反射鏡の反射率、ウェハ上の感光材料・レジストの感度等がある。現在、光源としては、ArFレーザー、F<sub>2</sub>レーザー、更に短波長光の光源としてシンクロトロン放射光やレーザープラズマ光がある。また、これらの光を反射する反射鏡に関しても、高い反射率が得られるよう多く層膜反射鏡の開発も急ピッチで行われている（詳細は前述の参考文献1、及び、Andrew M. Hawryluk et al ; "Soft x-ray beamsplitters and highly dispersive

multilayer mirrors for use as soft x-ray laser cavity component", SPIE Vol. 688 Multilayer Structure and Laboratory X-ray Laser Research (1986) P.8 1-90 及び、特開昭63-312640を参照)。

【0006】さて、半導体露光装置についてであるが、この半導体露光装置には、ムラ無く均一に原版を照明するために、光源の光量分布がどうであれ均一に原版に照明するための照明光学系が開発されている。この照明光学系に要求されるものは、一様照明性や開口性である。例えば特開昭60-232552号公報には、矩形形状の照明領域を対象とした技術が提案されている。しかし、半導体露光装置には、原版のパターンをウェハ上に形成する投影光学系を備えており、この投影光学系の視野が円弧上である場合、照明視野が矩形形状では光の利用効率が悪く、どうしても露光時間を短縮出来ず、従って、スループットが上がらなかった。

【0007】最近、この問題を解決する方法として、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、この照明視野に光源からの光を集光する方法として、例えば、特開平10-70058「X線縮小投影露光装置及びこれを用いた半導体デバイス製造装置」が提案されている。これは、照明光学系として図18に示すシリンドリカル形状の反射型凸面半円柱型インテグレータが用いられている。反射型凸面半円柱型インテグレーターは、凸半円柱面の反射面を1次元に多数配置した形状の反射面を持つ全反射ミラーである。また、反射型凸面半円柱型インテグレータの代わりに、図19に示すような反射型凹面半円柱型インテグレータを用いることもできる。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記のような反射鏡は通常、一つの基板を被加工物として、ボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて切削加工により製作される。ボールエンドミルは図20(a)に示すような形状であり、その位置を被加工物に対して3次元的に制御することによって、同図(b)のように色々な面の加工が可能である。

【0009】しかし、一つのアルミニウム基板から、図18に示したインテグレータを形成した場合、出来上がったインテグレータを用いて実際に照明してみると、予期した良好な反射効率を有するインテグレータが形成されず、このようなインテグレータを用いた半導体露光装置では、高いスループットが得られなかった。そこで、その原因を追究したところ、図21に示すように、凸面形状と凹面形状が互いに隣接しており、谷となっている全ての部分に加工残りが存在し、この部分の影響が主なものであることが判明した。この様に全ての反射面と反射面との境界部分に反射面の形状を有していない部分があると、一つの反射面と反射面との間に出来ている加工不良の部分が小さくても、これらの面積を全て足し合わ

せると大きな面積にわたって加工不良が生じているのと同じになる。

【0010】また、更に、図18と図19と示すような反射型インテグレータを既存の加工装置で製造しようとすると、反射型インテグレータの一つの反射面の長さが長い場合、装置のステージの移動量が不足して加工できないことが多かった。また、加工できたとしても、長尺であるために装置の運動精度が原因となって、高い形状精度が得られないと言う問題があった。

10 10 【0011】そこで、本発明はこのような課題を解決するべく考案したものであり、設計通りの反射面形状を有する多光源形成反射鏡を歩留まり良く製造できる製造方法を提供することを第1の目的にし、更には、よりスループットの高い半導体露光装置を得ることを第2の目的にしている。

【0012】

【課題を解決するための手段】そこで、上記の目的を達成するために、本発明の第1の形態では、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面を繰り返し配置してなる

20 20 多面反射鏡の製造方法であって、要素反射面が形成される基材となるブロックを被加工物として用意し、所定の曲面形状かつ所定の表面粗さ以下になるように前記被加工物を加工し、形成された前記曲面形状を有する被加工物からその一部を切り出して、要素反射鏡を形成し、複数の要素反射鏡を所定の条件に組み上げることで多面反射鏡を形成することを特徴とした。

【0013】まずは、反射面形状を形成し、その次に、反射面形状が形成された被加工物から反射面が所望の輪郭形状を有する要素反射面になるように切り出す。この

30 30 様にして形成された要素反射面を有する要素反射鏡を複数個組み上げることで、多面反射鏡を形成した。この様に形成された多面反射鏡は、要素反射面の間に加工残りが生じないので、有効反射面が十分広くなる。

【0014】なお、本発明の第1の形態では、特に要素反射面が曲率が一定でそれぞれ異なる位置から切り出されたものを複数種類用いて形成する場合に好ましい。また、本発明の第1の形態では、形成された曲面の中心を中心として同心円上の各位置から、要素反射面を複数個切り出すことで複数の要素反射鏡を形成することとした。

40 40 【0015】この様にすることで、一定の曲率で形成された曲面形状を有する被加工物から、同じ反射面形状を持つ要素反射鏡を複数個切り出すことができる。したがって、所定の曲面形状に形成された一つの基材から、複数の要素反射鏡を得ることができるので、材料費用を低減することができ、かつ多面反射鏡の製造に関わる歩留まりが向上する。

【0016】また、本発明の第1の形態では、所定の曲面形状を有する被加工物から要素反射鏡を切り出す部分の周りに、あらかじめ所定の深さの溝を付けて、それか

ら、被加工物に対し研磨加工を行い、この後に溝の部分から要素反射鏡を切り出すこととした。この様に、被加工物に一旦溝を形成してから切り出しを行うので、要素反射鏡を切り出すときに要素反射面に加工力を与えることなく切り出すことができる。また、一旦溝を形成してから、研磨加工を行うので、溝形成時に発生するバリもこの研磨で除去できる。

【0017】なお、一旦溝を形成して、少なくとも研磨後に要素反射面を切り出す場合は、溝に、充填剤を詰め込み、被加工面に段差をなくしてから、研磨加工を施すことが好ましい。溝が形成されたまま、研磨を施すと、溝の周囲の研磨量が他の部分に比べて大きくなり、「ダレ」が生じてしまう。このことを防ぐため、形成された溝の部分に、充填剤を施してから研磨を行えば、研磨時には段差が無く「ダレ」が生じない。

【0018】ところで、本発明の第2の形態では、複数の反射鏡からなる反射型照明装置であって、所定の曲面が形成された被加工物から、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面の輪郭と同形状に、切り出すことにより、複数の要素反射鏡を形成し、複数の要素反射面を所定の条件で組み上げることで形成されたものとした。このように、本発明のような多面反射鏡では、要素反射面と要素反射面の間に加工残りが生じないので、有効反射面積が広く明るい照明装置が形成できる。

【0019】本発明の第3の形態では、光源、マスクを保持して移動するマスクステージ、マスクを光源からの光でもって照明する照明装置、照明装置によって照明されたマスク上のパターンをウェハ上に投影する投影光学装置、ウェハを保持して移動させるウェハステージを有する半導体露光装置であって、所定の曲面が形成された被加工物から、所定の曲面の一部を面形状とする要素反射面の輪郭と同形状に切り出すことにより、複数の要素反射鏡を形成し、複数の要素反射鏡を所定の条件で組み上げることで形成された反射型照明装置を有した。

【0020】この様に前述の本発明の第2の形態と同じ反射型照明装置を半導体露光装置に用いることで、スループットの高い半導体露光装置を形成することができる。また、更に本発明の第3の形態では、投影光学装置の光学視野が円弧状であり、かつ反射型照明装置の要素反射面の輪郭形状は前記光学視野の形状と相似形状であることとした。

【0021】この様に、投影光学装置の光学視野と相似形状の反射面を形成することで、反射型照明装置を反射してマスクを通過した光が、投影光学装置の視野内に殆ど到達することができるので、ウェハー上に到達する光量は大きくなる。したがって、半導体露光装置としては、スループットの向上を図ることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】次に本発明の第1の実施の形態として、図2に示す投影露光装置用いられる反射型イン

テグレータである多面反射鏡について説明する。この多面反射鏡は、投影光学系の有する光学視野に合わせて照明視野を設定し、これによって照明効率を上げ、スループットの問題を解決するものであり、詳しくは同出願人が出願した特願平10-47400号に記載されいている。この技術を図2をもとに簡単に説明する。

【0023】図2は、本発明の実施の形態における投影露光装置の概要図である。この投影露光装置では、光源2と、多面反射鏡1と、コンデンサー光学素子3と、反射鏡4と、マスク5と、マスクステージ5sと、投影光学系6と、ウェハ7と、ウェハーステージ7sと、マスクステージコントローラ8と、ウェハステージコントローラ9が備わっている。

【0024】光源2より出た光は本発明の製造方法を用いて形成された多面反射鏡1に入射する。そして、多面反射鏡1で反射された光は、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4を経てマスクステージ5s上に保持されたマスク5を照明する。なお、本明細書では多面反射鏡1、コンデンサー光学素子3及び反射鏡4をまとめて反射型照明光学系と言う。

【0025】マスク5には、ウェハステージ7s上に保持されたウェハ7上に描くべきパターンと相似形状のパターンが形成されている。そして、マスク5上のパターンは反射型照明光学系によって照明され、非球面反射鏡6a、6b、6c、6dからなる投影光学系6を通じてウェハ7上に投影される。この様にして、マスク5に形成されたパターンをウェハ7上に投影している。

【0026】ところで、投影光学系6の光学視野は円弧形状であり、製作すべきデバイスチップ全体をカバー出来るほど広くはなく、マスク5とウェハ7を同期させて相対的に移動（スキャン）させながら露光を行うことによってチップ全体のパターンをウェハ上に形成する。このために、マスクステージ5sの移動量を制御するレーザー干渉距離計を備えたマスクステージコントローラ8とウェハステージ7sの移動量を制御するウェハステージコントローラ9が備わっている。（このスキャンを伴う露光方式に関しては先の参考文献1を参照）。

【0027】ところで、多面反射鏡1は、光源2からの光から光学的に複数の2次光源を形成するためにある。そして、多面反射鏡1は、それぞれの反射面の輪郭が同じ複数の微小な要素反射面を有し、要素反射面の面形状が複数種類あり、その要素反射面を面形状毎に繰り返し配列されている。なお、要素反射面の外形状は投影光学系6の光学視野形状と相似形にしている。これによって位置P2に多数の点光源像1が形成され、これがコンデンサー光学素子3によって必要な照明視野を形成する。上記のような技術を用いると、マスク上の照明すべき領域を無駄無く一様に照明出来、露光時間の短縮が可能になって、高いスループットを有する半導体露光装置の実現が可能になる。

【0028】上記の様な、円弧状の照明視野を有する反射型照明光学系に用いられる多面反射鏡1と、その多面反射鏡1に形成される一つの要素反射面を実際に設計した結果を図3、4を用いて説明する。図3に示すように、この多面反射鏡1は3種類の要素反射面(1A、1B、1C)から構成されている。そして、多面反射鏡1の各列は、要素反射面が1A、1B、1C、1A、1B、1C・・・の順に配列されている。この様に各反射面毎に周期的に配置して、それぞれの要素反射面の一辺を合わせて列をなして設けられている。そして、この様な列を数列分形成して、多面反射鏡1を形成している。

【0029】ところで、各要素反射面の面形状は、一定の曲率を有する凹面11に図4(a)、(b)、(c)に示した形状を投影したときの形状を有している。図4に示された凹面11は、焦点距離が図2に示すP2の距離と同じ距離を有する球面である。この凹面11に形成された球面に、図4に示すようにYZ面に平行な円弧状帯(平均半径がZhの円の円弧状帯)を投影した形状と同じ形状を各要素反射面は有している。そして、要素反射面A1の形状は、投影する円弧の円の中心を、凹面11の球面の中心軸に合わせたときの投影像と同形状である。また、要素反射面1B、1Cの形状は、投影する円弧の中心を、凹面11の球面の中心軸に対して垂直方向にYhだけずらし、更にZh分ずらしたときの投影像と同形状である。この様な形状は、いずれもほぼ円弧状になる。紙面に対して垂直方向から見れば完全な円弧状である。

【0030】このようにして出来た要素反射面に、例えばX方向より平行光線を入射させると要素反射面1Aによる点像が凹面11の球面の焦点位置と同じ位置に形成され、要素反射面1Bによる点像が焦点位置よりYhだけ横ずれして形成される。また、要素反射面1Cによる点像も同じく基板11の球面の焦点位置より-Yhだけ横ずれして形成される。

【0031】なお、要素反射面の好適な実用的な設計解としては、要素反射面の曲率半径Rは160~2000mm、図4に示すZhの距離は4.5~55mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は0.3~20mm、円弧の長さは4.5~55mm、図4(b)、(c)に示すYhは約2.3~27mmとなり、更に表面粗さがrms<0.3nmである。

【0032】ところで、図3に示した多面反射鏡1を、従来の技術のように一枚の基板からボールエンドミルを備えた切削加工機を用いて製造すると、図5に示すような形状になる。図5(a)は、ボールエンドミルを使って形成された反射面の形状を示し、図5(b)は、(a)に示した反射面形状のA-A'の断面図を示している。

【0033】このように、各要素反射面51同士が互いに隣接している部分に加工残りCRが存在し、この部分に

照射された光が所定の位置に反射してこないことが判明した。このように所定の位置に反射してこない光が有ると、マスク5に照明される光量が低下し、ウェハー7への露光時間が長くなる。その結果、スループットが低い露光装置になってしまう。

【0034】そこで、本発明の第1の実施の形態では、上記の様な多面反射鏡を製作する場合、基材上に各反射面と同じ曲率を有する曲面を先ず高精度に加工し、次にその曲面が形成された基材から要素反射面の輪郭形状と同じ形状になるように、要素反射鏡を切り出すことにしている。この様にして、切り出された要素反射鏡の形状を図1に示す。なお、図1に示す要素反射鏡は、図4に示す要素反射面1Bの形状と同じ形状を有している。なお、他の要素反射面の形状も反射面である光学面以外は、同じ形状をしている。

【0035】この様な図1に示す要素反射鏡を各種複数個分、基材から切り出す。そして、切り出された複数種類の要素反射鏡を図3に示すように周期的に配置することで、多面反射鏡1が形成される。次に、本発明の第1の実施の形態にかかる多面反射鏡の製造方法を図面を用いて詳しく説明するものとする。

【0036】なお、要素反射面を切り出すべき凹球面の曲率半径Rは1300mm、Zhは19mm、円弧の幅(円弧状帯の幅)は1.4mm、円弧の長さは20mm、Yhは約7.5mmの場合を例にとる。まず、最初に、基材である被加工物には、アルミ合金に無電解ニッケルをメッキしたものを用いた。無電解ニッケルメッキは厚さが切削研磨後に50ミクロン以下の厚さが有する程度に形成されている。これによって、アルミ合金では得られない数A程度の表面粗さが得られる。まず、曲率半径1300mmの凹形状になるように、被加工物を、図6に示すNC切削加工機により形状創成を行う。

【0037】このNC切削加工機により、バイトホルダ111に保持されたダイヤモンドバイト112を使って、ワークホルダ114に保持された被加工物113を高精度に形状創成した。なお、使用したNC切削加工機を簡単に説明すると、バイトホルダ111は、加工ヘッド115に固定されており、加工ヘッド115にはバイトホルダ111を被加工物113に近接させるZ方向駆動手段を備えている。また、加工ヘッド115はフレーム116上に移動可能に備えられている。そして、加工ヘッド115はこのフレーム116に沿ってX方向に移動する事ができる。また、ワークホルダー114は、回転テーブル117上に回転可能に設けられている。そして、回転テーブル117は定盤118上に回転可能に設けられている。なお、定盤118にはフレーム116も固定されている。

【0038】そして、加工ヘッド115の位置制御やバイトホルダ111のZ方向位置の制御、回転テーブル117の回転制御は、制御手段119により数値制御され

ている。この様な構成を有しており、被加工物113を回転させながら、ダイヤモンドバイト112を被加工物113に接触させ、加工ヘッド115とバイトホルダー111を移動することで、要素反射面の同じ曲率をもつ所望の曲面形状を被加工物113に形成することができる。

【0039】次にNC切削加工機により形状創成された加工面を図7に示す研磨機を用いて研磨する。使用した研磨機は、フレーム120上に設けられた回転モータ121と、回転モータ121により回転するワークホルダ122と、被加工物113の加工面を研磨する研磨皿123と、研磨皿123を取り付けられたボリシャ124と、研磨皿123をほぼ180度に渡って屈曲可能な関節を介して設けられた揺動軸125と、揺動軸125を軸中心126を中心に回転可能に駆動する回転モータ127とを有している。この研磨機を用いて被加工物113をワークホルダ122に保持して回転させながら、揺動軸125を回転モータ127により揺動させて、研磨皿123に貼り付けられたボリシャ124により被加工物113を研磨する。このように研磨することで、必要となる表面粗さ $r_{ms} < 0.3 \text{ nm}$ を満足させる。

【0040】次に、被加工物113の一部を図8に示すようなワイヤ放電加工機もしくは図9に示すようなフライス加工機により切り出す。このようにして反射面の1枚1枚を切り出す。ところで、ワイヤ放電加工機は、放電ワイヤ131と被加工物113の間で放電を生じさせながら、要素反射鏡の反射面の輪郭が得られるように、放電ワイヤ131と被加工物113とを相対的に移動させることで、要素反射鏡1A、1B、1Cを切り出している。

【0041】また、フライス加工機を用いた場合は、フライスカッタ141を回転させながら、フライスカッタ141と被加工物113とを相対的に移動させることで、要素反射面が形成された要素反射鏡1A、1B、1Cが形成される。なお、図8に示すワイヤ放電加工機や図9に示すフライス加工機は、周知の加工を用いればよく、数十 $\mu\text{m}$ 程度の加工精度を有するものであれば良い。実際に、本発明者はフライス加工機を用いる場合は、牧野フライス社製の数値制御フライス加工機を用い、ワイヤ放電加工機を用いる場合は、ソディック社製の数値制御ワイヤ放電加工機を用いている。

【0042】そして、切り出した要素反射鏡1A、1B、1Cを図3に示したように組み合わせることによって、複雑な形状の反射面を有する多面反射鏡を加工することができる。ところで、このような加工方法により、被加工物113から要素反射鏡1A、1B、1Cを切り出すときには、加工抵抗により変形を起こしたり、切り口にバリやカケを生じてしまうことがあり、反射面に所望の形状精度が得られにくい場合がある。

【0043】次に本発明の第2の実施の形態における加

工方法では、上述の課題を解決できるような加工方法を用いている。例えば、基材である被加工物から要素反射鏡を切り出す時に、要素反射面を形成する外周部分にいわゆるバリが入り易いので、研削・研磨加工の前に曲面上に切り出すときの形状に沿って、切り込み溝を設けておく。このようにすることで、要素反射鏡を切り出す際に、バリが生じにくくすることができる。

【0044】更に、溝を設けた時に、基板の材料によっては研削・研磨加工によって外周形状の縁がだれる、いわゆる「面ダレ」を生じることがあるので、これを防止するために設けた溝に充填材を入れて加工し、面ダレの無い正確な形状の要素反射面を得ることにしている。次に、本発明の第2の実施の形態に関する製造方法を詳しく説明する。なお、要素反射面を形成する手法は、基本的に本発明の第1の実施の形態と同じなので、重複する内容の説明は省略する。

【0045】まず、本発明の第2の実施の形態では、NC切削加工機により被加工物113に所定の曲面形状を形成した後、図10に示すように、あらかじめ被加工物20の切り出す部分1A'の外側に所定の深さの溝151を作った。なお、図10(a)は、反射面が形成される面から見た被加工物113の正面図であり、図10(b)は、図10(a)の一点鎖線a-a'の断面図である。

【0046】なお、溝151を入れる工程は、必ず研磨加工の前に入れるものとし、切削もしくは研削加工の前の工程に入れても、後ろの工程に入れてもどちらでも良い。なお、溝151の深さは、完全に切り離されない範囲内で設定する。そして、本発明の第1の実施の形態のように、研磨機で研磨し反射面を仕上げた後、反射面に接触しないように、溝151に沿って切り出しを行うことにより、光学面に直接加工力を加えることなく切り出すことができるため、高精度な光学面を維持したまま切り出すことができるようになる。

【0047】ところで、このように溝151を形成する加工方法を適用する場合、仕上げの研磨加工時、溝の影響によって光学面外縁部に「ダレ」を生じる場合がある。「ダレ」を防ぐ方法としては、溝151にエポキシ樹脂などの充填材152を詰め、溝部と加工面との段差を小さくすることが好ましい。この様子を図11に示した。なお、図11(a)は、反射面が形成される面から見た被加工物113の正面図であり、図11(b)は、図12(a)の一点鎖線a-a'の断面図である。

【0048】この充填剤を詰める工程は、必ず仕上げの研磨加工の前に入れるものとし、切削もしくは研削加工の前の工程に入れても、後ろの工程に入れてもどちらでも良い。充填材の材質については、なるべく充填後の収縮、膨張の少ないものを使用し、また、仕上げの研磨工程において、被加工物の摩耗量と同じ摩耗量の充填材を仕様することが望ましい。この溝151に入れる充填材

11

152としては、例えば、アクリレートを主剤にした紫外線硬化樹脂が使用可能である。

【0049】この様に溝151に充填材152を充填することで、被加工物113から要素反射鏡を切り出す際に、加工抵抗により変形を起こしたり、切り口にバリやカケを生じてしまうことを防ぐことができるうえに、「ダレ」を防ぐことができる。また、上述の実施の形態における多面反射鏡の製造方法を用いた場合、更に低予算で製造する方法がある。一つの被加工物113から同じ反射面を有した要素反射鏡を多数切り出しをすることで、費用の低減を図ることができるのである。

【0050】その時の切り出し方法は、図12及び図13に示した。図12(a)は、被加工物113の光学面が形成される側から見たときの正面図であり、図12(b)はその断面図である。この図12で示したように、被加工物113に形成された凹面の中心軸からの距離が同じである同心円上の位置から、複数の要素反射面1Aを有する要素反射鏡を被加工物113から切り出している。

【0051】また、曲率中心からの中心軸からの距離が異なる位置でも、要素反射鏡の反射面とは反対側の面に所定の角度を付けて、切り出すことで、同じ要素反射鏡を切り出すことができる。なお、同じ様な方法で、要素反射面1B、1Cを有する要素反射鏡を切り出してもよい。この場合は全て、曲率中心を通る中心軸からの距離が一定の円周上から、それぞれYh分移動したところを中心に切り出せば良い。

【0052】また、図13に示した様に切り出すことで、一枚の球面が形成された被加工物からたくさんの要素反射面1Cを有する要素反射鏡を得ることができる。なお、この方法を応用すれば要素反射面1Bを持つ要素反射鏡も形成することができる。そして、得られた要素反射鏡をそのまま配列するか、又は接着し、配列することで、多面反射鏡を得ることができる。なお、要素反射鏡の配列精度を更に向上させたい場合は、次のように行うと良い。すなわち、要素反射面1A、1B、1Cを持つ切り出された要素反射鏡の裏面に、図14(a)に示すような水平に位置決めを行う基準面x1、y1及び高さ方向の位置決めを行う基準面z1を形成する。このような基準面を形成する方法としては、要素反射面1A、1B、1Cのいずれかの反射面を持つ要素反射鏡を、NCステージ付きのフライス旋盤に取り付け、要素反射鏡に1方向から来る光を入射させて、その反射光が所定の位置に来るようNCステージを調節することで位置決めを行い、要素反射鏡1A、1B、1Cの裏面に基準面x1、y1、z1をフライス等で仕上げる。

【0053】一方、複数の要素反射鏡を一体化し多面反射鏡を形成するために要素反射鏡を組み込む基盤200には、図14(b)に示すようにx1、y1、z1に対応する基準面x2、y2、z2を有するブロック201

12

が設置されている。なお、このブロック201は要素反射鏡1A、1B、1Cを設置する基盤200上に、要素反射鏡の設置間隔に合わせて高精度に加工されている。そして、各要素反射鏡に設けた基準面x1、y1、z1を、基盤200に形成されたブロック201の基準面x2、y2、z2に密着するように多数個組み合わせることで、要素反射鏡1A、1B、1Cが規則正しく正確に位置決めされて組み合わせることができる。したがって、高精度で、安価な多面反射鏡の製造が可能になる。

【0054】尚、このように加工した多面反射鏡1に対して、反射率を上げるために、F<sub>2</sub>レーザーを光源に使用する時のため、アルミニウム薄膜を約100nmの厚さに蒸着によって形成し、さらにその上に同一真空槽内にて酸化防止と反射率の維持の観点よりMgF<sub>2</sub>を数十nmの厚さに蒸着により形成した。また、軟X線領域の光(電磁波)を使用する時には、SiとMoの多層膜による反射鏡(前述の参考文献、1、2を参照)を形成した。

【0055】そして、上記多面反射鏡を半導体露光装置に組み込むには、図2のように構成すれば良い。このようにすることにより、多数の要素反射面1A、1B、1Cからなる複雑形状の反射鏡を高精度かつ高い加工効率で製造できる。また本製造方法により得られた反射鏡は、半導体露光装置用の照明装置に使用すれば、スループットが向上する。

【0056】なお、本発明は上述で示した形状を有する多面反射鏡以外でも適用可能である。例えば、要素反射面は1A、1B、1Cの3種類よりも多くても、少なくとも良く、また、要素反射面は非球面の一部でも良い。また、要素反射面列も3列に限られたものではない。また、他の全く異なった形状の反射鏡についても本製造方法は適用できる。

【0057】次に、本発明の第3の形態として、図18に示すような形状の多面反射鏡の製造方法を説明する。このような形状を有する多面反射鏡では、一つの基板に多数の反射面を形成すると、どれか一ヵ所不良箇所が生じた場合、他の良い反射面も破棄せざるをえなくなるので、複数の要素反射鏡を形成し、そして、その要素反射鏡をつなぎ合わせた。

【0058】この場合、反射鏡の長さによって、図15で示す奥行き方向の長さが長い場合は、要素反射鏡の大きさをその奥行き方向の長さより短めに設定し、要素反射鏡301を複数形成する。なお、各要素反射鏡は、一つの矩形の基材から図15に示された形状に切削を行い、その後に研磨を施することで、形成することよい。また、他にも円柱形状に加工された基材を用いて、研磨することで形成して、これを円柱の軸方向に複数に分割して形成することでも良い。

【0059】そして、図15に示すように要素反射鏡301が平行に並ぶように2次元的に配置することで、図

18に示す形状の多面反射鏡を形成することができる。また、図18で示す奥行き方向の長さが短い場合は、一つの要素反射面の奥行きと同じ長さで要素反射鏡を形成する。例えば、要素反射鏡を図18に示すような長さで複数形成し、これを要素反射鏡302の長手方向と垂直方向に、かつそれぞれの要素反射面が平行に並ぶように配置することで、図16に示す形状の多面反射鏡を形成することができる。

【0060】この様にすることで、コストの低減がはかれ、また、要素反射面と要素反射面の境界部分は、所望の形状に形成することができるので、有効面積を較的広くすることができる。なお、本発明は前述の凸型半円柱形状を有した多面反射鏡以外にも、図17に示すように要素反射面を形成した要素反射鏡303を複数個形成して、貼り合わせることで、凹型半円柱形状の多面反射鏡の製作に適用できる。

【0061】ところで、凸型半円柱形状の多面反射鏡や凹型半円柱形状の多面反射鏡は、それぞれの要素反射鏡を貼り合わせて形成しているが、これだけに限らず、図14に示すように、要素反射鏡と要素反射鏡を固定する基盤とそれそれ基準面を形成して固定する事でも良い。また、被加工物の材質はアルミ合金に無電解ニッケルを施したものに限られるものではなく、切削・研磨後に鏡面性が良好であれば良い。たとえば、シリコン、ULE、スーパーインバー材、無酸素銅、インバー材、アルミニウム、炭素鋼、石英ガラス、スタバックス材、ガラスなどが考えられる。また、金属基板の上に成膜されたニッケル合金を主成分とする非晶質薄膜でも良い。

【0062】

【発明の効果】上述のように、本発明によって、多数の要素反射面からなる複雑形状の光学素子を高精度で、そして、高い加工効率で製造できる。また、本製造方法により得られた反射鏡は、露光装置用の照明装置にもちいれば、スループットの高い露光装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】：本発明の第1の実施の形態に係る要素反射面が形成された要素反射鏡の概略構成図である。

【図2】：本発明の第1の実施の形態に係る加工手順で形成された多面反射鏡を使用した露光装置の光学系の概略構成図である。

【図3】：図2に示した露光装置に用いられる多面反射鏡の概略構成図

【図4】：多面反射鏡を構成する要素反射面の面形状を示す図

【図5】：従来加工法に形成された多面反射鏡の形状を示した図である。

【図6】：NC切削加工機の概略構成図である。

【図7】：研磨機の概略構成図である。

【図8】：放電加工機により要素反射鏡が切り出される様子を示す図である。

【図9】：フライス加工機により要素反射鏡が切り出される様子を示す図である。

【図10】：本発明の第2の実施の形態による加工法で溝が形成されたときの様子を示した図であり、(a)は被加工物の光学面が形成される面から見たときの図であり、(b)は、(a)で示したa-a'における断面図である。

【図11】：本発明の第2の実施の形態による加工法で形成された溝に充填剤が充填された様子を示した図であり、(a)は被加工物の反射面が形成される面から見たときの図であり、(b)は、(a)で示したa-a'における断面図である。

【図12】：所定の曲率が形成された基材から複数の同形状の要素反射鏡を切り出すときの切り出し方を示した図であり、(a)は被加工物の反射面が形成される面から見たときの図であり、(b)は、(a)の断面図である。

【図13】：所定の曲率が形成された基材から複数の同形状の要素反射鏡を切り出すときの切り出し方を示した図である。

【図14】：要素反射鏡を基盤に取り付ける際に形成される基準面を示した図である。

【図15】：本発明の第3の形態における多面反射鏡の場合に適用する製造方法を示した図である。

【図16】：本発明の第3の実施の形態における多面反射鏡の場合に適用する製造方法を示した図である。

【図17】：本発明の第3の実施の形態における多面反射鏡の場合に適用する製造方法を示した図である。

【図18】：反射型凸面半円柱型インテグレータの概略図である。

【図19】：反射型凹面半円柱型インテグレータの概略図である。

【図20】：ボールエンドミルの形状と加工可能な曲面を示した図である。

【図21】：従来の加工法で形成された反射型凸型インテグレータの断面形状図である。

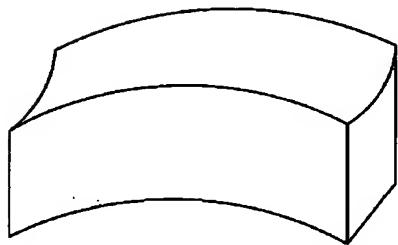
【主要な構成の符号の説明】

1	...	多面反射鏡
2	...	光源
3	...	コンテンサー光学素子
4	...	反射鏡
5	...	マスク、5s...
6	...	マスクステージ
7	...	投影光学系
8	...	ウェハ、7s...
9	...	ウェハステージ
10	...	マスクステージコントローラ
11	...	ウェハステージコントローラ
12	...	要素反射面の反射面形状を示す凹球

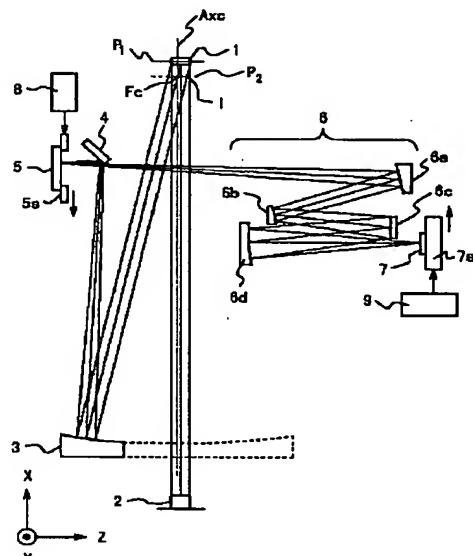
5 1 ····· 従来の加工法で形成された要素反射面  
 1 1 3 ····· 被加工物  
 1 5 1 ····· 溝  
 1 5 2 ····· 充填剤

\* 2 0 0 ····· 基盤  
 3 0 1, 3 0 2, 3 0 3 ····· 要素反射鏡  
 1 A, 1 B, 1 C ·要素反射面  
 x 1, y 1, z 1, x 2, y 2, z 2 ····· 基準面  
 \* CR ····· 加工残り

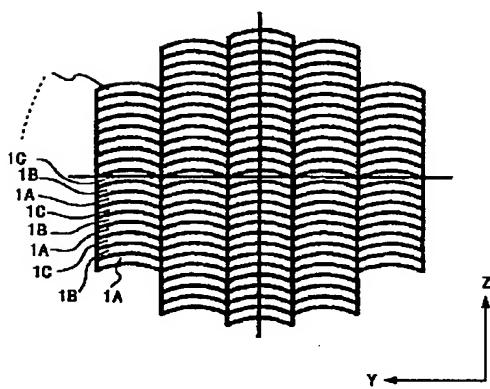
【図1】



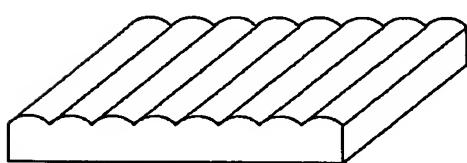
【図2】



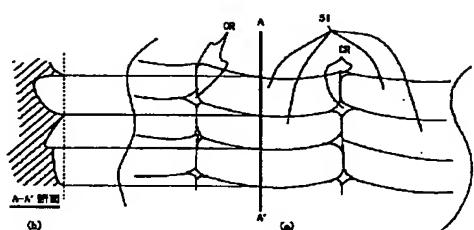
【図3】



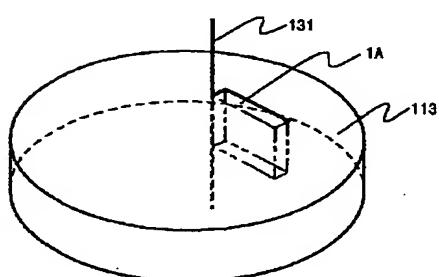
【図18】



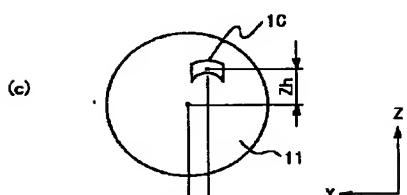
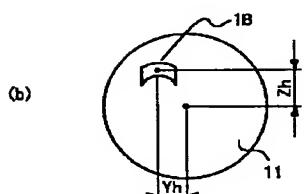
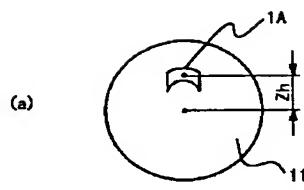
【図5】



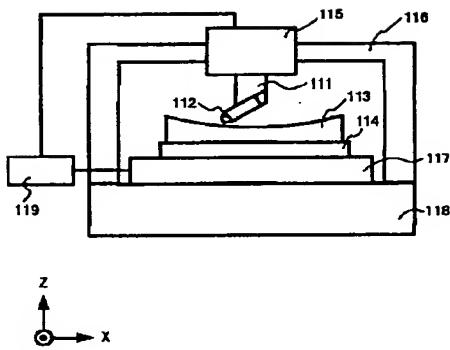
【図8】



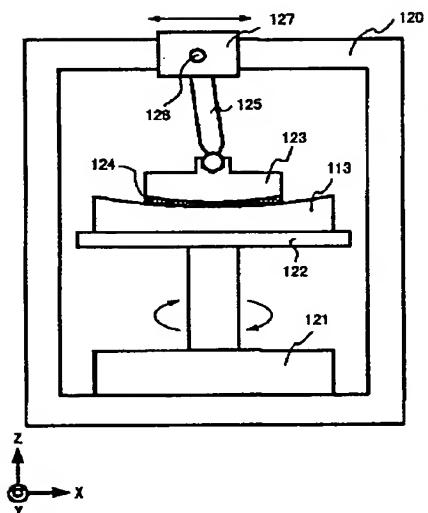
【図4】



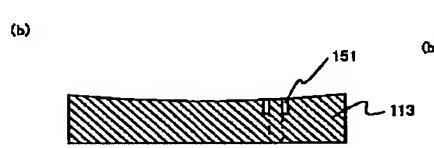
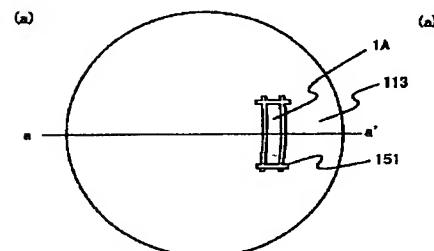
【図6】



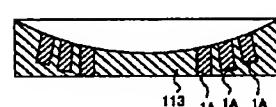
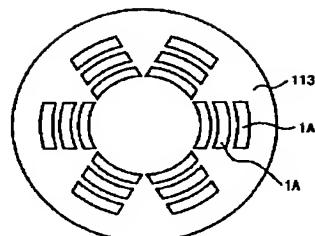
【図7】



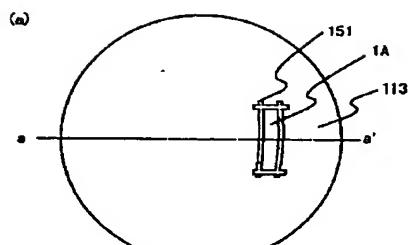
【図10】



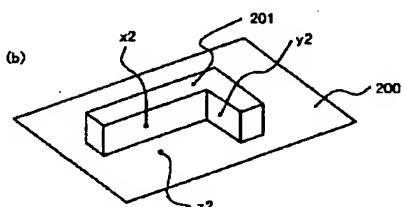
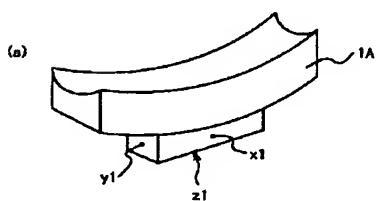
【図12】



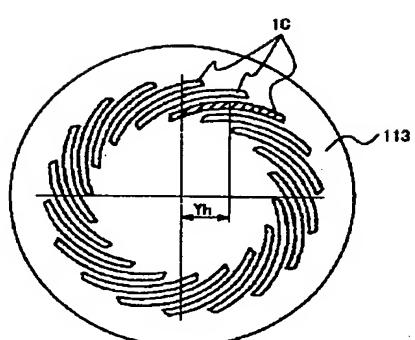
【図11】



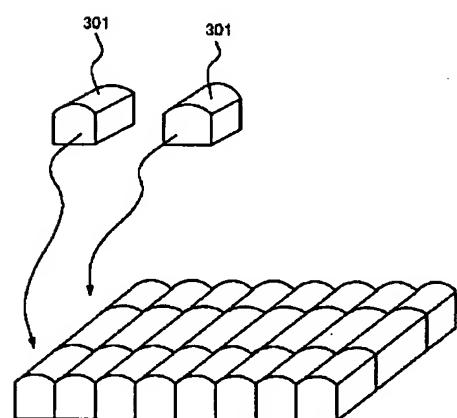
【図14】



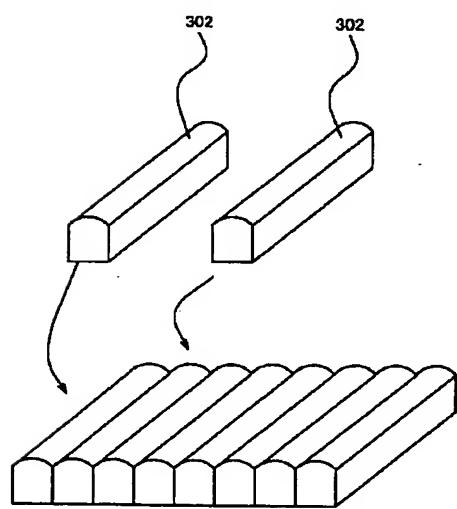
【図13】



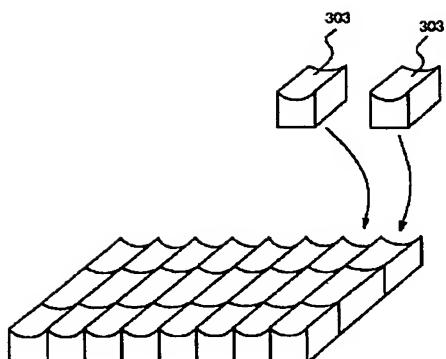
【図15】



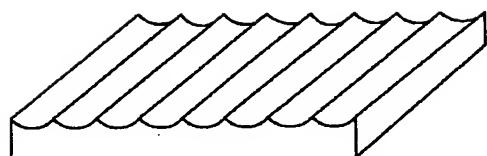
【図16】



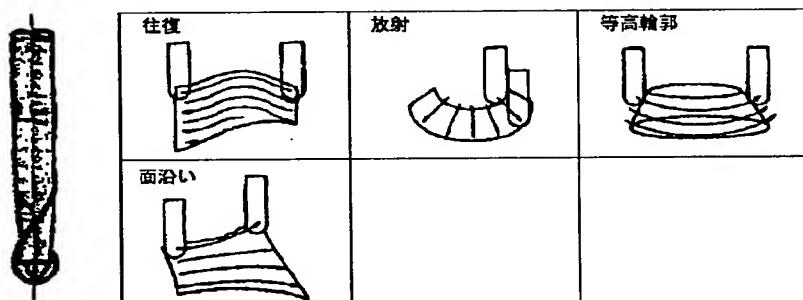
【図17】



【図19】



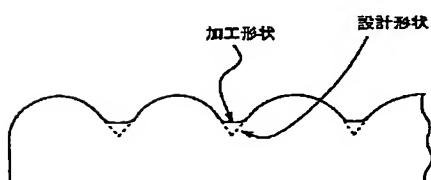
【図20】



(a)

(b)

【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 品田 邦典  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内

(72)発明者 吉富 靖  
 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
 式会社ニコン内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**